CHAUDIÈRES MULTITUBULAIRES

DÉRIVÉES

DES TYPES PERKINS ET FIELD,

PAR M. LOUIS TURGAN,
Ingénieur civil des Constructions navales.

Les chaudières multitubulaires sont aujourd'hui l'objet de recherches constantes, aussi les types sont-ils de plus en plus différents et nombreux.

Entre tous les divers modèles construits, ou les brevets nouveaux dont on peut lire chaque jour la description dans les publications spéciales, il devient très difficile de distinguer les caractères vraiment originaux et par suite les avantages qui distinguent telle ou telle chaudière.

Une circonstance particulière nous ayant amené à faire des recherches sur l'historique de toute une classe d'appareils évaporatoires, nous voudrions passer brièvement en revue quelques types de chaudières multitubulaires dans lesquelles la circulation est produite par un système de tubes logés à l'intérieur des tubes vaporiseurs.

Chaudières verticales.

Entre tous les desiderata à réaliser, les constructeurs et inventeurs ont le plus souvent cherché à obtenir une vive circulation aussi bien conduite que possible, l'eau étant constamment amenée au contact des parois exposées au feu et se vaporisant avec rapidité.

Mais une grande vaporisation entraîne par le même fait une grande combustion sur la grille du foyer; il en résulte que les appareils évaporatoires doivent pouvoir soutenir les fatigues produites par ce chauffage; il est, par suite, nécessaire que les dilatations puissent s'effectuer librement.

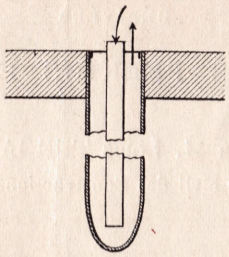
Perkins semble avoir imaginé dès 1835 la disposition la plus simple paraissant réaliser à la fois une excellente circulation et la dilatation libre du faisceau tubulaire.

Des tubes droits fermés à leur extrémité inférieure sont suspendus à un réservoir supérieur; à l'intérieur de chacun de ces tubes est logé un second

tube de plus petit diamètre ouvert aux deux bouts, et débouchant dans le réservoir au même niveau que le tube extérieur correspondant.

Nous n'avons pas à rappeler la théorie admise : l'eau descend par le tube

Fig. 1.



intérieur pour remonter, mélangée à la vapeur qui se forme, par l'espace annulaire ménagé entre les deux tubes (*fig.* 1).

Malheureusement, la disposition adoptée ne permet pas d'obtenir complètement le résultat cherché. La vapeur produite, en s'échappant en couronne, pour ainsi dire, par l'espace annulaire, forme en quelque sorte une barrière qui s'oppose à l'arrivée de l'eau dans le tube intérieur. Il se passe par suite le phénomène suivant : Avant tout dégagement de vapeur, pendant l'échauffement général de la masse d'eau contenue dans l'appareil, l'eau plus froide descend par le tube intérieur, mais aussitôt que la vapeur se dégage, l'arrivée d'eau cesse ou, tout au moins, diminue considérablement. La production de vapeur se continue jusqu'à évaporation complète de l'eau contenue à l'origine dans l'ensemble des deux tubes, puis le dégagement cessant, l'obstacle à la circulation disparaît et l'eau se précipite dans les tubes. Il y a donc là un fonctionnement intermittent très nuisible au rendement de l'appareil.

D'autre part, le fond du tube étant exposé en plein feu, il y a production de vapeur sur ce fond même du tube et très souvent des bulles de vapeur montent par le tube central venant encore par ce fait s'opposer à une bonne circulation.

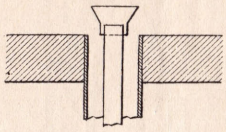
Les inconvénients de la chaudière Perkins furent bientôt connus et nous voudrions précisément rappeler quelques-uns des dispositifs qui ont été imaginés dans le but d'y remédier.

Nous devons tout d'abord citer le perfectionnement apporté en 1861 par Field qui a donné son nom à la chaudière Perkins. Pour faciliter l'accès de l'eau au tube intérieur, Field surmonta ce tube d'un entonnoir évasé ayant pour but d'infléchir la trajectoire de sortie des bulles de vapeur qui devaient ainsi moins s'opposer à la descente de l'eau.

Cet entonnoir (*fig.* 2) ne réalise qu'imparfaitement le but poursuivi. D'ailleurs il ne supprime pas l'ascension des bulles de vapeur dans le tube central dont nous avons parlé.

Quelques années après la prise du brevet Field, M. Girard, en France, pensa à supprimer l'entonnoir et prolongea simplement le tube intérieur

Fig. 2.



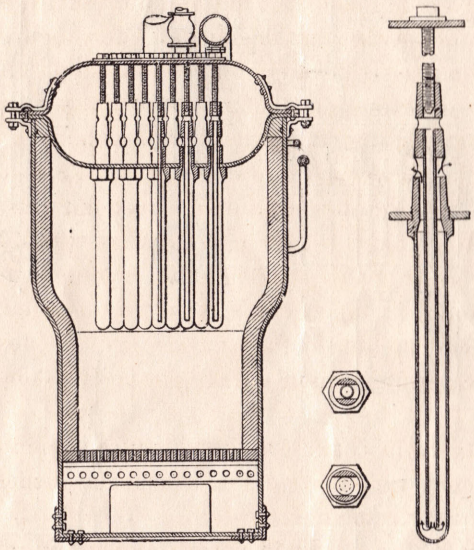
assez loin au-dessus du plan de tenue des tubes vaporiseurs. M. Dulac a réalisé à peu près la même disposition dans sa chaudière semitubulaire.

Le résultat fut sensiblement le même que celui obtenu par Field.

Un grand nombre de constructeurs ont poursuivi le même problème. Quelques croquis nous permettront de reproduire certaines dispositions de chicanes employées.

M. Stevens, de Boston, en 1880, eut l'idée de construire une chaudière de ocomotive avec des doubles tubes. La *fig.* 3 représente une coupe par le

Fig. 3.



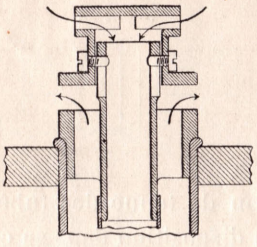
Chaudière Stevens.

travers du foyer. Chaque tube est surmonté d'une pièce en bronze percée de canaux qui servent à l'alimentation du tube intérieur et permettent l'évacuation de la vapeur produite. Ces canaux débouchent latéralement et à des hauteurs différentes de façon à contrarier le moins possible l'arrivée de l'eau. Cette pièce en bronze est filetée et reçoit une tige également filetée de telle

sorte qu'elle permet d'entretoiser très solidement les faces planes du collecteur.

M. J. Tom, de Glascow, prend en 1896 un brevet pour un dispositif fort ana-

Fig. 4.

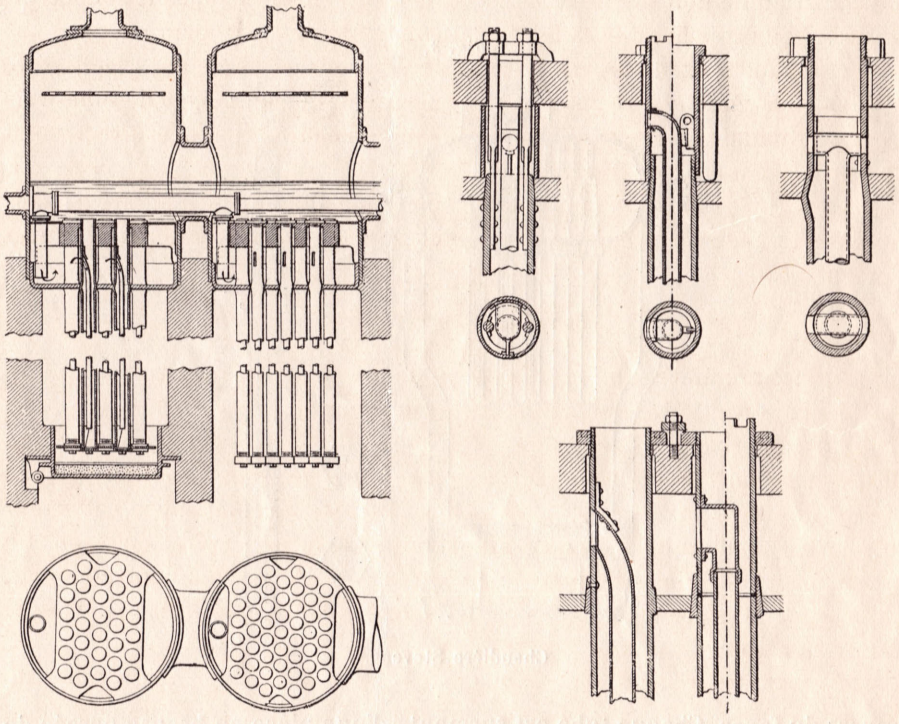


Chaudière Tom.

logue à celui que nous venons de décrire et sur lequel la *fig.* 4 nous permet de ne pas revenir.

M. Collmann, de Vienne, en 1891, a imaginé une disposition originale

Fig. 5.



Chaudière Collmann.

(*fig.* 5) dans laquelle la circulation semble beaucoup mieux conduite et qui permet en même temps le démontage des tubes.

A l'intérieur du collecteur supérieur d'une chaudière Field ordinaire, l'in-

venteur dispose une plaque en fonte fort épaisse dans laquelle vient se fixer le tube vaporiseur par un des moyens figurés ci-contre. Cette plaque sert en même temps d'appui pour faire joint, au moyen d'un joint conique, sur la plaque à tube du collecteur qui se trouve ainsi entretoisée. Bien que cette plaque soit percée de larges ouvertures, on peut la considérer comme divisant le collecteur en deux réservoirs. Le tube extérieur est prolongé jusqu'à cet écran intérieur, tandis que le tube central, surmonté d'un tube recourbé formant un T ou autrement, débouche sur les côtés du tube extérieur dans le réservoir inférieur dans lequel l'eau est amenée par un tuyautage d'alimentation. A première vue, cette chaudière semble être à circulation forcée, mais il n'en est rien.

Le tuyautage amène l'eau d'alimentation sur la partie du collecteur qui est directement exposée au feu. Il s'ensuit que si une partie de l'eau introduite descend bien par le tube intérieur, une partie entre en ébullition; la vapeur ainsi produite ne tarde pas à s'opposer, de même que dans la chaudière Perkins, à la descente naturelle de l'eau.

D'autre part, comme dans toutes les chaudières dérivées du type Field, la vapeur produite doit traverser la masse de l'eau contenue dans le collecteur, aussi est-elle très humide et les entraînements d'eau sont à craindre.

Ces quelques exemples permettent de se rendre compte dans quel ordre d'idées on a cherché à réaliser une bonne circulation au moyen de tubes verticaux à dilatation libre dans chacun desquels l'eau est amenée directement au moyen d'un tube intérieur.

Nous voudrions maintenant étudier un certain nombre de générateurs dans lesquels le faisceau tubulaire est complètement ou presque complètement horizontal.

Chaudières horizontales.

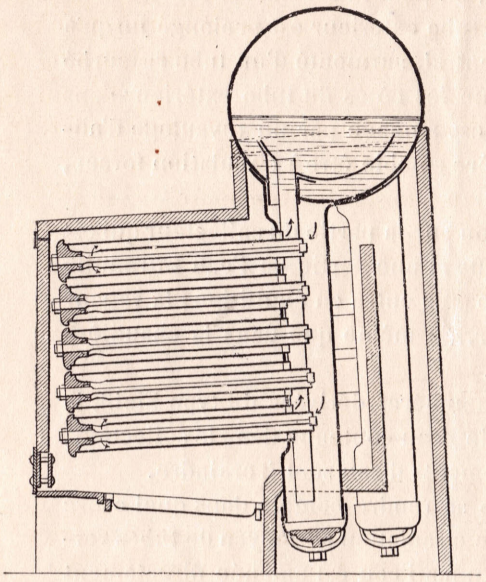
Parmi les premières qui se présentent, nous rencontrons le générateur breveté en 1878 par MM. Collet, Ribourt et Giraldon. Ce n'est autre que le type Collet dont dérivent les générateurs Niclausse. Des doubles tubes peu inclinés débouchent dans un collecteur à faces planes, séparé en deux parties par une cloison parallèle aux faces (*fig.* 6). Les gros tubes s'arrêtent sur le collecteur lui-même, tandis que les petits tubes sont prolongés jusqu'à la cloison. Un réservoir cylindrique surmonte le collecteur : l'eau descend naturellement, guidée par la cloison, dans les petits tubes et la vapeur s'échappe dans ce même réservoir.

Les tubes vaporiseurs sont emmanchés cônes dans la plaque à tubes du collecteur; le serrage est obtenu par un tirant fixé dans l'axe prenant point d'appui sur la cloison intermédiaire d'une part et sur le bouchon qui ferme le tube vaporiseur à l'autre extrémité. On remarquera sur la figure que la porte du foyer est du côté des bouchons, les tubes s'élevant vers le fond du foyer.

Plus tard, au contraire, la façade du collecteur devient la façade de chauffe.

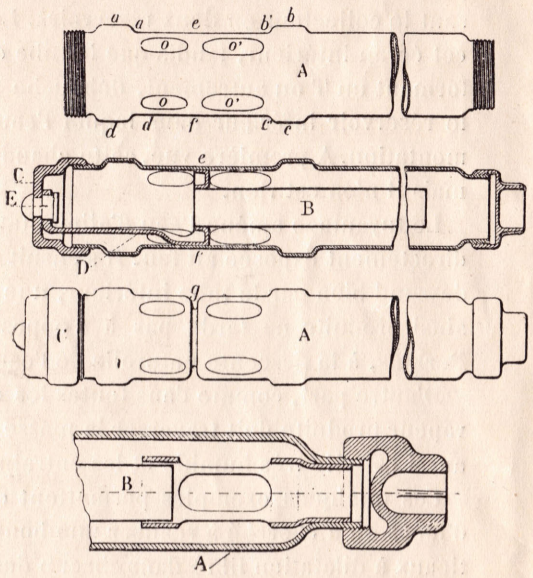
C'est ainsi que sont disposées les chaudières Niclausse, sur le modèle bien connu desquelles nous n'insisterons pas, notre collègue M. Duchesne en ayant donné ici même une description des plus complètes.

Fig. 6.



Chaudière Collet, 1878.

Fig. 7.



Chaudière Niclausse, 1898.

Cependant nous croyons bon de dire quelques mots des nouveaux brevets Niclausse de 1898.

Les croquis que nous reproduisons (*fig.* 7) permettent d'apprécier toutes les différences qui distinguent les deux modèles de générateurs.

Les collecteurs ne sont plus en métal fondu, on les façonne dans des tubes en acier sans soudure; les raccords sont percés emboutis en cône, tous en même temps sur une des faces, puis sur l'autre. L'extrémité supérieure du collecteur est façonnée de manière à permettre de disposer une bride à joint métallique conique. L'extrémité inférieure est fermée au moyen d'un fond soudé après mise en place de la cloison intérieure.

Vers l'avant, les lanternes et lanterneaux sont supprimés : le tube extérieur est d'une seule pièce jusqu'à la face avant du collecteur; deux renflements coniques assurent la portée sur les faces du collecteur et forment un joint métallique étanche simplement par adhérence. Le tube intérieur est porté à l'avant par une languette tenue au chapeau qui ferme le vaporiseur par un simple boulon autour duquel elle peut pivoter; cette languette est renflée tout autour du tube de manière à former un écran venant obturer l'espace annulaire compris entre les deux tubes dans le plan de la cloison intérieure. De larges trous sont percés dans le tube vaporiseur de manière à permettre l'arrivée de l'eau dans le tube intérieur et l'évacuation de la va-

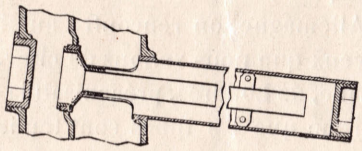
peur. Il ne nous appartient pas de nous arrêter plus longtemps sur le mode très original de construction de ce nouveau générateur plus simple que le type actuellement en service et bien souvent décrit.

Si nous revenons en arrière nous remarquons que, en 1881, M. Hervier, de Paris, a fait breveter une disposition à doubles tubes appliquée à la chaudière Trépardoux. Mais les tubes disposés en couronne autour d'un réservoir central sont rigoureusement horizontaux : la circulation devait être très peu certaine.

M. Montupet construit, de son côté, des chaudières à doubles tubes dont les collecteurs à faces planes sont tantôt en tôle tantôt en acier coulé.

Le tube extérieur (*fig.* 8) s'arrête sur la cloison intermédiaire, il est refoulé à son extrémité avant de façon que les joints, sur cette cloison et sur

Fig. 8.



Chaudière Montupet.

la face arrière du collecteur soient coniques, ce qui donne un joint analogue à celui des tubes Field et permet toutes facilités pour le montage et le démontage. Des ouvertures ménagées dans le tube vers l'extrémité du tube vaporiseur permettent l'évacuation de la vapeur.

L'extremité du tube intérieur se termine par un entonnoir et vient simplement se fixer dans le plan de la cloison médiane, à l'intérieur de la couronne du tube vaporiseur qui fait joint sur cette même cloison.

Un bouchon placé en face de chaque tube sur la face avant du collecteur permet le nettoyage et le démontage des tubes.

M. Jolicar, poursuivant des études sur le même type de chaudière, a pensé à régulariser la circulation qui, bien qu'il en semble, ne se produit pas régulièrement dans ces générateurs à tubes peu inclinés.

La vapeur ne se dégage plus au travers de l'eau du collecteur supérieur.

Des tubes partent du joint du collecteur sur le réservoir et permettent à la vapeur de se dégager hors de l'eau; d'autre part, les orifices des tubes intérieurs varient avec la hauteur de rangée de tubes considérée dans le faisceau tubulaire. Les tubes de circulation des vaporiseurs de coup de feu sont largement ouverts, puis la section de débit diminue jusqu'à la dernière rangée de tubes.

Ces deux perfectionnements ont donné les plus heureux résultats dont témoignent les applications de ce type de générateur.

Enfin, M. Duchesne, voulant simplifier les modes de montage et de démontage des chaudières genre Collet ou Niclausse, reprit la première dispo-

sition des chaudières Collet, la chauffe se pratiquant par la façade des bouchons. Les tubes sont tenus par simple vissage dans la plaque du collecteur et quelques précautions permettent de monter et de démonter les tubes. D'ailleurs, les bouchons étant facilement accessibles, le démontage n'est pas nécessaire pour le nettoyage.

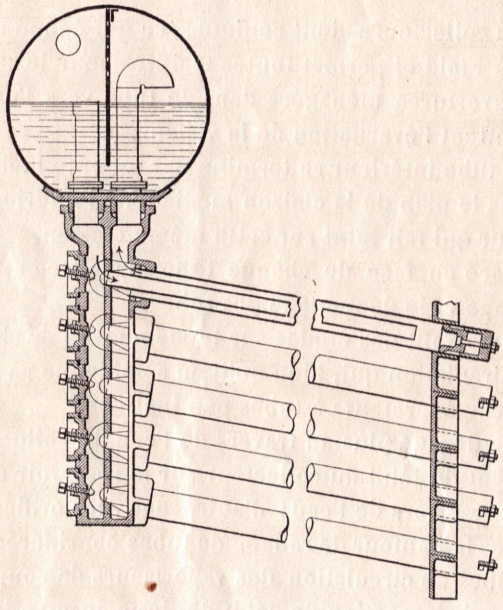
Enfin nous voudrions citer le générateur de M. Mazières qui se distingue de ceux dont nous venons de parler par la disposition spéciale de l'alimentation.

L'arrivée de l'eau ne se fait plus à l'extrémité supérieure de la lame d'eau avant de la chaudière. Deux gros tubes amènent l'eau dans le bas de la lame d'eau qui alimente ainsi directement les tubes les plus chauffés; d'autre part, des tubes relient le compartiment arrière, dans lequel débouchent les vaporiseurs, directement avec le collecteur supérieur. Ce dispositif a le grand avantage de réaliser la circulation forcée et en même temps l'alimentation rationnelle des tubes les plus chauffés.

En Angleterre et en Allemagne, on rencontre aussi quelques types de générateurs analogues à ceux que nous venons de citer.

En 1883 M. Howard Lane, de Londres, préconisait la disposition représentée par la *fig.* 9. On remarque que les tubes sont tenus au moyen d'un étrier

Fig. 9.



Chaudière Howard Lane.

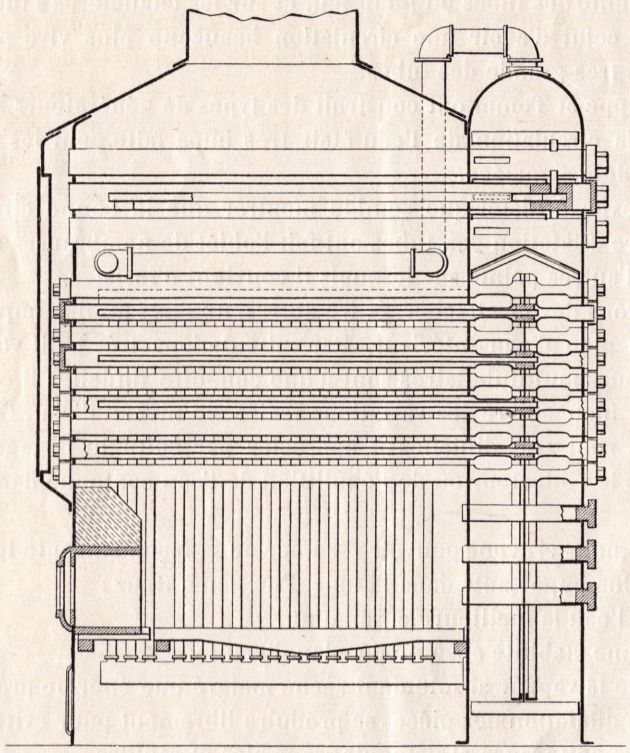
serré par une vis qui traverse le bouchon. Mais il y a surtout lieu d'insister sur la parfaite circulation de l'eau dans ce générateur.

L'eau descendante est guidée par un tube largement ouvert qui débouche dans la lame d'eau avant et la vapeur qui se forme se dégage au-dessus du

niveau de l'eau dans le collecteur; un écran transversal complète ce système de guides.

Dans la chaudière Francis Morrin, de Jersey, qui date de 1888 (*fig.* 10),

Fig. 10.



Chaudière Francis Morrin.

les tubes sont complètement horizontaux, la circulation ne peut donc pas y être convenable.

Avant de terminer, il nous faut encore citer la chaudière Adamson, très analogue à la chaudière Niclausse et la chaudière Dürr, sur laquelle nous n'insisterons pas, car elle a été souvent décrite.

Nouvelle disposition de chaudière à doubles tubes.

Entre les générateurs dont les tubes sont disposés verticalement et ceux dont les tubes sont presque horizontaux il y avait une troisième solution qui devait venir tout naturellement à l'esprit, en étudiant les générateurs du Temple, Normand, Yarrow et toute la classe de chaudières qui en dérivent. Les constructeurs devaient être amenés à disposer des chaudières à tubes de circulation intérieure d'après le mode adopté par MM. du Temple, Normand, Thornycroft.

Le générateur affecte alors la forme d'un prisme triangulaire dont l'arête supérieure est représentée par un collecteur horizontal, longitudinal, la base par la grille du foyer et les faces par les deux faisceaux de tubes.

Cette disposition présente sur les chaudières Field l'avantage de ne pas avoir l'extrémité des tubes en plein feu, et sur les chaudières à tubes presque horizontaux celui d'avoir une circulation beaucoup plus vive par suite de l'inclinaison très grande des tubes.

MM. Philippe et Tomm ont construit des types de générateurs sur ce principe, mais la circulation de l'eau était très imparfaite pour les raisons que nous avons déjà signalées.

Ce court exposé historique semble montrer que la bonne circulation de l'eau, la libre dilatation des tubes ont fait l'objet de nombreuses recherches, mais il est d'autres points sur lesquels il convient d'insister.

Nous croyons devoir attacher, entre autres, une très grande importance à la stabilité du plan d'eau intérieur. Par suite de leur très petit volume d'eau les générateurs multitubulaires sont d'une conduite difficile ; il est donc nécessaire de bien suivre les variations vraies du niveau d'eau. Or ces variations vraies sont très difficiles à apprécier par suite du dégagement de la vapeur dans le collecteur ou de l'ébullition de l'eau contenue dans ce collecteur.

D'ailleurs nous croyons pouvoir résumer de la façon suivante les différents points les plus importants dans l'étude d'un générateur :

Donner à l'eau la meilleure circulation.

Réaliser une stabilité absolue du plan d'eau.

Obtenir de la vapeur absolument sèche malgré une énorme production.

Laisser la dilatation des pièces se produire librement pour éviter les fuites.

Rendre les nettoyages et démontages faciles et rapides.

Utiliser le mieux possible les gaz de combustion.

Réaliser ces desiderata en construisant des appareils d'un poids et d'un encombrement aussi réduits que possible.

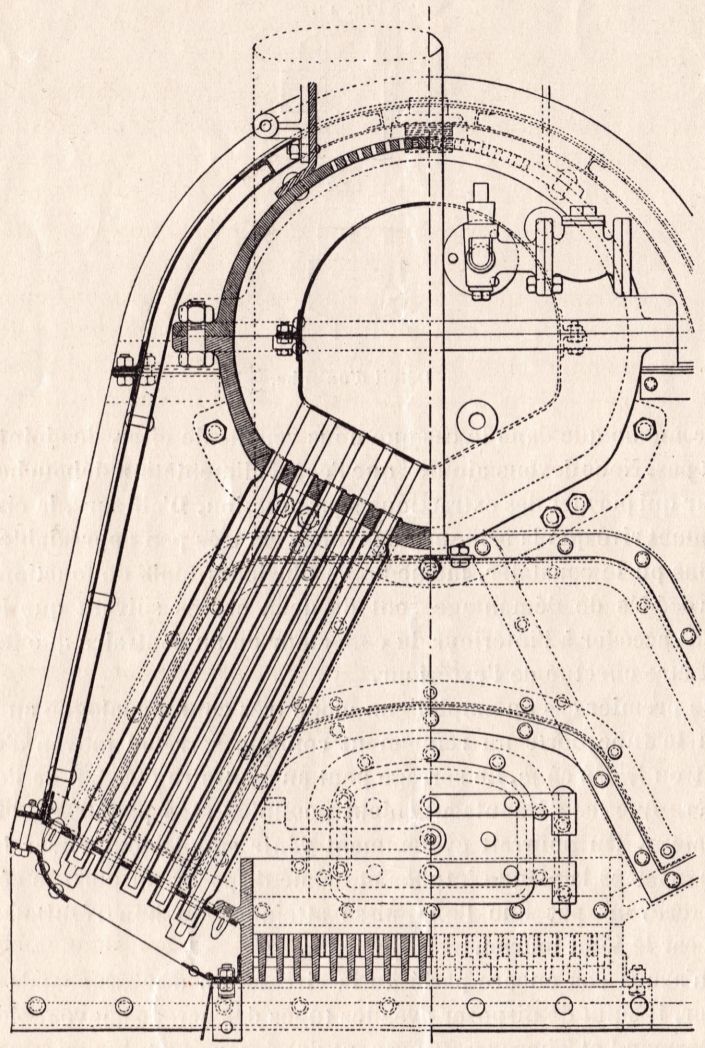
Reprenons le troisième mode de construction possible d'une chaudière à doubles tubes; supposons une chaudière Yarrow dont les deux collecteurs inférieurs seraient supprimés et dont les tubes seraient simplement fermés à leur extrémité inférieure par des bouchons protégés contre l'action du feu par un écran (*fig.* 11). Disposons des tubes intérieurs aux premiers et également un collecteur intérieur au collecteur supérieur dans lequel viendront déboucher tous les petits tubes.

Il est très facile avec un semblable appareil de donner une bonne solution aux différentes questions que nous venons de poser.

La circulation est aussi parfaite que possible, car l'alimentation se faisant exclusivement dans le collecteur intérieur, l'eau descend forcément, naturellement par les tubes intérieurs et proportionnellement à la quantité de vapeur produite. Le plan d'eau d'alimentation est absolument stable, puisqu'il

ne peut y avoir ébullition dans ce collecteur intérieur qui reçoit l'eau froide et qui n'est pas au contact direct du feu. En outre, la vapeur formée se dégageant en dehors de ce collecteur, l'eau qui y est renfermée est ainsi à l'abri de toute perturbation.

Fig. 11.



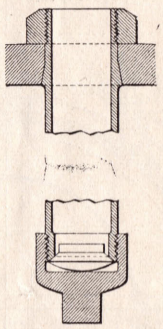
Chaudière Turgan (type de canot).

La vapeur une fois formée ne traversant plus la masse d'eau contenue dans le générateur, on comprend que la vapeur produite soit très sèche et que les entraînements d'eau ne soient pas à craindre.

Comme les tubes sont tenus seulement par leur extrémité supérieure, il s'ensuit que leurs dilatations sont absolument libres et qu'ils n'éprouvent pas de fatigue même aux plus hautes intensités de chauffe.

Les nettoyages sont très faciles, puisque les tubes sont droits (*fig.* 12), fermés par des bouchons, et qu'il suffit de dévisser ces bouchons pour nettoyer sans démonter. L'étanchéité du joint est assurée par un petit clapet appuyé sur un siège conique; il a été également prévu d'autres dispositifs réa-

Fig. 12.



Détail d'un tube.

lisant, de même que dans le cas que nous venons de citer, des joints qui ne tournent pas. Nous devons ajouter que l'eau d'alimentation débouche dans un décanteur qui permet des extractions sous pression. D'ailleurs, la circulation est tellement vive que la salissure des tubes est très peu appréciable, comme nous avons pu le constater, même après plusieurs mois de fonctionnement.

Les procédés de démontage sont de deux ordres suivant que l'on peut facilement accéder à l'intérieur du collecteur ou au contraire que le démontage doit être effectué de l'extérieur.

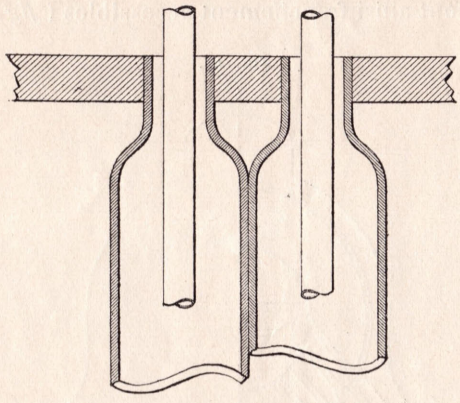
Dans le premier cas on emploie un mode très connu analogue au joint du Temple : le tube porte un renflement conique serré au moyen d'un écrou dans un trou fraisé cône. Le serrage peut au contraire être fait de l'extérieur de manière que les démontages soient possibles sans pénétrer à l'intérieur du collecteur. On pourrait évidemment venir simplement visser les tubes directement dans la plaque à tubes et même disposer un portage cône, mais nous ne croyons pas que l'on puisse atteindre un bon résultat de cette manière car le joint tourne.

Nous n'avons pas encore parlé de la circulation des gaz chauds : pour la provoquer, il suffit de disposer avec les tubes des écrans convenables.

MM. Normand et Thornycroft forment des écrans de tubes en ramenant les tubes de la seconde rangée entre ceux de la première. Dans le cas qui nous occupe, les tubes étant rectilignes, cet artifice ne pouvait être employé, mais un autre moyen très simple s'offrait. Les croquis (*fig.* 13 et 14) montrent comment les écrans sont constitués grâce à de gros tubes se touchant suivant une génératrice et retreints à leurs deux extrémités pour ménager de la matière entre deux trous du collecteur. Les écrans peuvent être très divers et nous ne reviendrons pas sur des dispositions souvent décrites :

nous insisterons seulement sur ce fait que des écrans sont toujours prévus pour protéger le plus possible les parois de la chaudière contre l'action des gaz chauds.

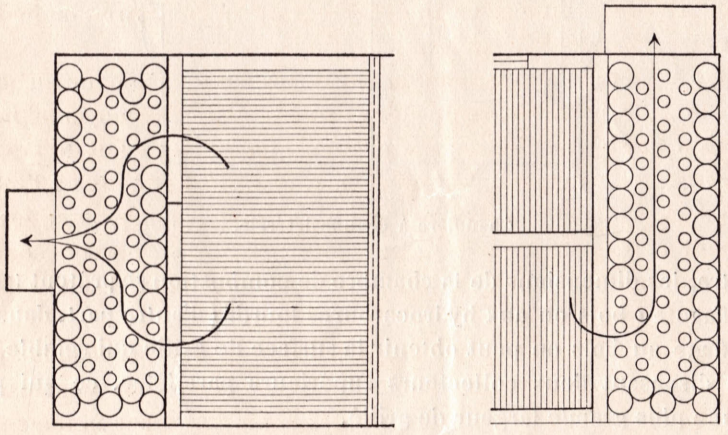
Fig. 13.



Tubes écrans.

On comprendra facilement que le type de générateur que nous venons de décrire soit d'une construction très économique et très légère, car les tubes sont droits, il y a absence complète d'entretoises, de pièces en fonte ou en

Fig. 14.



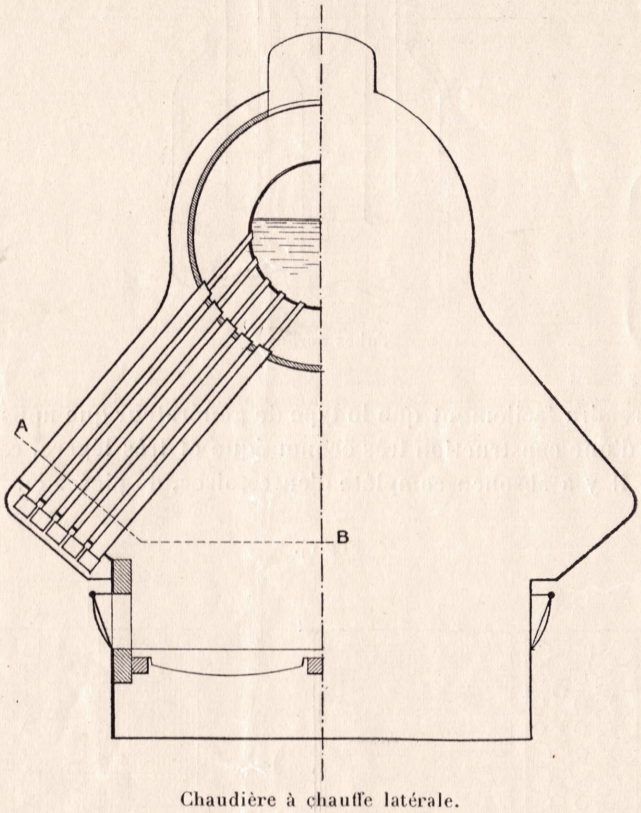
Dispositions de chicanes.

acier coulé, et le volume d'eau peut être très réduit sans aucun danger par suite de la stabilité du niveau d'eau.

Enfin ce générateur se prête à toutes dispositions d'encombrement, car il peut avoir indifféremment la hauteur, la largeur ou la longueur comme dimensions maxima.

Les portes du foyer sont disposées en bout, soit sur l'une des façades seulement, soit sur les deux en cas de chaudières à doubles façades. Lorsque l'on atteint de grandes dimensions, il peut au contraire être préférable pour la facilité de la chauffe d'avoir les portes de foyer au-dessous des tubes, dont les bouchons sont ainsi franchement accessibles (*fig.* 15).

Fig. 15.



Chaudière à chauffe latérale.

En outre, les dimensions de la chambre de combustion se prêtent très bien au chauffage au bois ou aux hydrocarbures lourds; d'autre part, dans le cas du chauffage au bois on peut obtenir la surface de grille qui semble nécessaire en disposant deux collecteurs supérieurs parallèles, ce qui permet d'avoir une plus grande largeur de grille.

Il ne nous appartient pas d'insister plus longuement sur le générateur dont la description termine ce que nous pourrions appeler le catalogue des chaudières multitubulaires dérivées des types Perkins et Field, mais nous voudrions donner quelques chiffres d'essai d'une petite chaudière, ne pouvant malheureusement pas donner encore d'indications précises sur les grandes unités.

Un générateur de $12^{m},50$ de surface de chauffe et 60^{dq} de grille pèse 900^{kg}

et mesure $0^{m},85$ de long sur $1^{m},20$ de large et $1^{m},20$ de hauteur, dôme compris. Le rendement, même à tirage forcé, dépasse $7^{kg},50$ de vapeur par kilogramme de coke et la production de vapeur, qui avec bon feu est de 750^{kg} de vapeur à l'heure, peut atteindre avec un très fort tirage et sans décrassage jusqu'à 1000^{kg} de vapeur dans une heure.

(Extrait du *Bulletin de l'Association technique maritime*, n° 10; session de 1899.)

27806 Paris. — Impr. Gauthier-Villars, quai des Grands Augustins, 55.